

МОНОГРАФИИ НГТУ

Ю. В. ОВЧИННИКОВ, Е. Е. БОЙКО

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ
И ИССЛЕДОВАНИЯ
ТОНКОДИСПЕРСНЫХ
ВОДОУГОЛЬНЫХ СУСПЕНЗИЙ



Ю. В. ОВЧИННИКОВ, Е. Е. БОЙКО

**ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ
И ИССЛЕДОВАНИЯ
ТОНКОДИСПЕРСНЫХ
ВОДОУГОЛЬНЫХ СУСПЕНЗИЙ**



**НОВОСИБИРСК
2 0 1 7**

УДК 662.75-032.35
О-355

Рецензенты:

д-р техн. наук, профессор *С.Л. Елистратов*
д-р техн. наук *Л.А. Огуречников*

Овчинников Ю.В.

О-355 Технология получения и исследования тонкодисперсных водоугольных суспензий : монография / Ю.В. Овчинников, Е.Е. Бойко. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2017. – 308 с. (серия «Монографии НГТУ»).

ISBN 978-5-7782-3119-1

Монография посвящена новым технологиям углепереработки, безопасным в пожарном и экологическом смысле, в частности водоугольным суспензиям (ВУС). Предложена новая технология производства ВУС, основанная на использовании современных аппаратов, не применяемых ранее.

Все полученные результаты подтверждены экспериментально на установках в Академгородке.

УДК 662.75-032.35

ISBN 978-5-7782-3119-1

© Овчинников Ю.В., Бойко Е.Е., 2017

© Новосибирский государственный
технический университет, 2017

YU. V. OVCHINNIKOV, E. E. BOIKO

**THE TECHNOLOGY OF OBTAINING
AND STUDYING FINE-DISPERSED
COAL-WATER SLURRY**



**NOVOSIBIRSK
2 0 1 7**

УДК 662.75-032.35
O-355

Reviewers:

Prof. *S.L. Elistratov*, D. Sc. (Eng.)

L.A. Ogurechnikov, D. Sc. (Eng.)

Ovchinnikov Yu.V.

O-355 The technology of obtaining and studying fine-dispersed coal-water slurry : monograph / Yu.V. Ovchinnikov, E.E. Boiko. – Novosibirsk : NSTU Publisher, 2017. – 308 p. (“NSTU Monographs” series).

ISBN 978-5-7782-3119-1

The monograph deals with new approaches to coal processing in terms of their fire and environmental safety, in particular, methods employing coal-water slurries (CWS). A new technology of preparing CWSs based on using state-of-the-art apparatuses not applied earlier is proposed.

All the results obtained have been confirmed experimentally on the installations in Akademgorodok.

УДК 662.75-032.35

ISBN 978-5-7782-3119-1

© Ovchinnikov Yu.V., E.E. Boiko, 2017

© Novosibirsk State Technicak University, 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	8
<i>Глава 1.</i> Водугольное топливо (ВУТ), его приготовление, искусственное композиционное жидкое топливо (ИКЖТ).....	15
1.1. Основные положения технологии ВУТ – ИКЖТ	15
1.1.1. Дисперсанты и стабилизаторы, их применение	17
1.1.2. Реологические характеристики ВУТ	20
1.1.3. Влияние крупности твердой фазы	22
1.1.4. Тиксотропное состояние ВУТ.....	26
1.2. Использование ВУТ в мире и современные технологии его производства.....	30
1.2.1. Мировое производство ВУТ	30
1.2.2. Производство и применение ВУТ в Китайской Народной Республике	31
1.2.3. Производство и применение ВУТ в Японии	33
1.2.4. Производство и применение ВУТ в Италии.....	41
1.2.5. Производство и применение ВУТ в Канаде	41
1.2.6. Производство и применение ВУТ в США	42
1.2.7. Производство и применение ВУТ в России.....	44
1.3. Искусственное композиционное жидкое топливо (ИКЖТ)	47
1.3.1. Новые технологии при производстве ВУТ	48
1.3.2. Активация компонентов при производстве ИКЖТ.....	49
Выводы по главе 1	53
<i>Глава 2.</i> Активация твердой и жидкой фазы. Дезинтеграторы и кавитаторы	55
2.1. Физико-химические процессы при диспергации твердых тел.....	55
2.2. Физико-химические процессы при диспергировании угля.....	67



2.3. Диспергирование твердых тел в механических дезинтеграторах.....	72
2.3.1. Дезинтегратор.....	73
2.4. Промышленные угольные дезинтеграторы.....	81
2.5. Активация жидкой среды в кавитаторах.....	85
2.5.1. Кавитация жидкости в потоке.....	85
2.5.2. Внешние характеристики гидродинамического кавитатора и внутренний процесс кавитации.....	97
2.5.3. Промышленные гидродинамические кавитаторы.....	102
Выводы по главе 2.....	116
<i>Глава 3. Методика исследования технологии производства ИКЖТ и характеристик топлива.....</i>	<i>117</i>
3.1. Временные технические условия для ВУТ.....	117
3.2. Частная методика исследования ВУТ НИЛ ОАО «Новосибирсктеплоэлектропроект» и ООО «Радекс».....	126
3.3. Унифицированная методика научно-исследовательского центра по утилизации угля (Япония).....	129
3.4. Дериватографическое исследование ИКЖТ (ВУТ).....	130
3.5. Определение стационарной стабильности по методу различий между максимальной и минимальной концентрацией (фирма «Ube Industries»).....	134
3.6. Определение стационарной стабильности (метод испытываемого сосуда), фирма «Japan SOM».....	136
3.7. Определение стационарной стабильности по методу измерения скорости седиментации (фирмы «JGC CWM» и «West Japan CWV»).....	138
<i>Глава 4. Исследование технологии ИКЖТ.....</i>	<i>145</i>
4.1. Исследование крупности твердой фазы в ИКЖТ.....	145
4.2. Исследование реологических характеристик ИКЖТ.....	159
4.2.1. Общее исследование реологических характеристик композиционного жидкого топлива.....	159
4.2.2. Определение динамического коэффициента вязкости с помощью вискозиметра ротационного типа системы П.П. Волоровича.....	160
4.2.3. Тиксотропное состояние ИКЖТ.....	166



4.2.4. Исследование вязкости ИКЖТ как неньютоновской жидкости	168
4.3. Исследование седиментационной устойчивости искусственного композиционного жидкого топлива	181
4.4. Распыливание ИКЖТ форсунками	184
4.4.1. Пневматические форсунки для ВУТ-ИКЖТ	184
4.4.2. Конструкция форсунки	185
4.4.3. Стенд для пневмогидравлических испытаний форсунок на модельном и натурном компонентах	187
4.4.4. Испытательный стенд для изучения распыла топлива форсунками	190
4.4.5. Выбор модельного режима воздуха при испытаниях форсунок с воздушным противодавлением	190
4.4.6. Порядок проведения испытаний	192
4.4.7. Результаты испытаний	193
Выводы по главе 4	196
<i>Глава 5. Техничко-экономическая эффективность использования ИКЖТ</i>	197
5.1. Методические положения по оценке эффективности инвестиционных проектов	197
5.1.1. Инвестиционный проект и инвестиции	197
5.1.2. Эффективность инвестиционных проектов	201
5.1.3. Особенности оценки инвестиционных проектов в теплоэнергетике	212
5.2. Эффективность замещения мазута искусственным композиционным жидким топливом	215
5.2.1. Расчет эффективности инновационного проекта модернизации ОП – котельной завода Тепловозоремонтного оборудования, г. Павлодар	216
5.2.2. Описание существующего в АО «Алга А» оборудования	219
5.2.3. Выбор состава ИКЖТ	219
5.3. Проектные решения	221
5.4. Результаты исследования зольного остатка ИКЖТ из углей АО «Алга-А»	222
Вывод по разделам 5.1 – 5.4	223



5.5. Расчет эффективности ИП «Алга-А»	225
5.6. Полный инновационный проект для НоВЭЗа (2003 г.)	228
5.7. Финансовая привлекательность в случае строительства завода для производства ИКЖТ на продажу	229
Выводы по главе 5	232
<i>Глава 6. Сжигание ИКЖТ в циклонных предтопках</i>	233
6.1. Воспламенение ИКЖТ	233
6.1.1. Методика исследования	237
6.1.2. Критерий воспламеняемости	241
6.2. Исследование сжигания ИКЖТ (ТД ВУС) в циклонном пред- топке	248
6.2.1. Методика исследования	250
6.2.2. Уникальный опытный исследовательский стенд для сжигания ТД ВУС в ЦП	256
6.2.3. Результаты исследований	264
Выводы по главе 6	268
Заключение	270
Библиографический список	275
Приложение	294

CONTENTS

Introduction.....	8
<i>Chapter 1. Coal-water Fuel (CWF) and Its Preparation; Prepared Composite Liquid Fuel (PCLF)</i>	<i>15</i>
1.1. The main statements of the CWF-PCLF technology	15
1.1.1. Dispersants and stabilizers, their application	17
1.1.2. Rheological characteristics of CWF.....	20
1.1.3. The influence of solid phase fineness	22
1.1.4. The CWF thixotropic state	26
1.2. The use of CWF in the world and modern technologies of its production.....	30
1.2.1. World production of CWF	30
1.2.2. Production and application of CWF in the People's Republic of China.....	31
1.2.3. Production and application of CWF in Japan.....	33
1.2.4. Production and application of CWF in Italy.....	41
1.2.5. Production and application of CWF in Canada.....	41
1.2.6. Production and application of CWF in the USA	42
1.2.7. Production and application of CWF in Russia	44
1.3. Prepared composite liquid fuel (PCLF)	47
1.3.1. New technologies in CWF production	48
1.3.2. Component activation in PCLF production.....	49
Conclusions.....	53
<i>Chapter 2. The Activation of Liquid and Solid Phases. Disintegrators and the Cavitator.....</i>	<i>55</i>
2.1. Physical and chemical processes in the dispersing process of solid bodies	55



2.2. Physical and chemical processes in the dispersing process of coal.....	67
2.3. Dispersing of solid bodies in mechanical disintegrators	72
2.3.1. Disintegrators	73
2.4. Industrial coal disintegrators	81
2.5. The activation of liquid media in cavitators	85
2.5.1. The cavitation of liquids in the flow	85
2.5.2. External characteristics of the hydrodynamic cavitator and internal process of cavitation	97
2.5.3. Industrial hydrodynamic cavitators	102
Conclusions.....	116
<i>Chapter 3. Methods of Studying the PCLF Production Technology and Fuel Characteristics.....</i>	<i>117</i>
3.1. Temporal specifications for CWF	117
3.2. The private research technique of CWF proposed by Novosibirsk teploproekt PLC and Radeks Ltd companies	126
3.3. The unified procedure of the research center for coal recovery (Japan).....	129
3.4. The derivational-graphical research into PCLF (CWF)	130
3.5. The determination of stationary stability between the maximal and minimal concentration by the difference method (the UbeIndustries company).....	134
3.6. The determination of stationary stability (the method of the tested vessel) proposed by the Japan COM company	136
3.7. The determination of stationary stability by the method of sedimen- tation rate measurement proposed by JGC CWM and WestJapan CWV companies	138
<i>Chapter 4. Research into the PCLF Technology</i>	<i>145</i>
4.1. Research into the fineness of the PCLF solid phase.....	145
4.2. Research into the PCLF rheological characteristics.....	159
4.2.1. General research into rheological characteristics of compo- site liquid fuels.....	159
4.2.2. The determination of the dynamic viscosity coefficient by the Volorovich rotating type viscometer	160
4.2.3. The PCLF thixotropic state	166



4.2.4. The research into the viscosity of PCLF as a non-Newtonian liquid	168
4.3. Research into the PCLF sedimentation stability	181
4.4. PCLF spraying by atomizing nozzles.....	184
4.4.1. Pneumatic atomizing nozzles for CWF and PCLF.....	184
4.4.2. The atomizing nozzle design.....	185
4.4.3. The stand for atomizer nozzle hydro-pneumatic testing on model and full-scale components.....	187
4.4.4. The test stand for studying fuel spraying by atomizer nozzles....	190
4.4.5. A choice of a model mode air regime in testing atomizer nozzles with the air back pressure.....	190
4.4.6. The test routine.....	192
4.4.7. Test results	193
Conclusions.....	196
<i>Chapter 5. Technical and Economic Efficiency of PCLF Use</i>	<i>197</i>
5.1. The methodology of estimating the investment project efficiency	197
5.1.1. Investment projects and investments.....	197
5.1.2. Investment project efficiency	201
5.1.3. Peculiarities of investment project evaluation in heat-power engineering.....	212
5.2. The efficiency of black oil substitution for a prepared composite liquid fuel	215
5.2.1. The calculation of the innovation project efficiency for updating the boiler room at the diesel locomotive repair equipment plant in Pavlodar city.....	216
5.2.2. The description of the equipment available in the Alga A joint-stock company.....	219
5.2.3. The choice of the PCLF composition.....	219
5.3. Design decisions	221
5.4. The results of investigation of the PCLF ash residue from the coals of the Alga A joint-stock company	222
Conclusions (5.1 – 5.4)	223
5.5. The calculation of the Alga A joint-stock company efficiency (tables 5.3 – 5.5).....	225
5.6. The entire innovation project considered for NoVEZa (2003).....	228



5.7. Financial attractiveness is high even in the case of building a plant to produce PCLFs for sale.....	229
Conclusions.....	232
<i>Chapter 6. PCLF Burning in Cyclone Furnace Extensions</i>	233
6.1. PCLF ignition.....	233
6.1.1. Research methods.....	237
6.1.2. The ignitability criterion.....	241
6.2. Research into PCLF burning (TD CWF) in the cyclone furnace extension	248
6.2.1. Research methodology	250
6.2.2. A unique research test stand for burning TD CWF in the cyclone furnace extension.....	256
6.2.3. Research results.....	264
Conclusions.....	268
General conclusion	270
References.....	275
Appendix.....	294